

**UNIVERSIDAD COMPLUTENSE
FACULTAD DE CIENCIAS MATEMATICAS**

**CONSEJO SUPERIOR
DE INVESTIGACIONES CIENTIFICAS**

INSTITUTO DE ASTRONOMIA Y GEODESIA

(Centro mixto C.S.I.C. - U.C.M.). MADRID

Publicación núm. 141

ESTUDIO MICROGRAVIMETRICO EN LA CALDERA DEL TEIDE

por

R. VIEIRA, C. DE TORO y V. ARAÑA



PUBLICADO EN "PROCEEDINGS"

International Symposium on Recent Crustal Movements, Maracaibo, 1985

"TECTONOPHYSICS", Vol. 130, págs. 249-257

MADRID

1986

ESTUDIOS MICROGRAVIMETRICOS EN LA CALDERA
DEL TEIDE

VIEIRA, R.; TORO, C. y ARAÑA, V. (+)

Instituto de Astronomía y Geodesia C.S.I.C.-U.C.M. (Madrid)
+ Museo de Ciencias Naturales. C.S.I.C. (Madrid)

ABSTRACT

In this paper we present the first results of the microgravimetric surveys in Cañadas del Teide caldera (Canary Island). The main purpose of this work, was to complete the general information about the internal structure of the caldera. The Bouguer gravity anomalies map, without topographic correction, fig. 2, shows very interesting possibilities of interpretation, but it is convenient to do previously the correction of topography before doing any comment in advance.

RESUMEN

Se presenta en este trabajo los primeros resultados de la campaña microgravimétrica efectuada en la Caldera de las Cañadas del Teide con objeto de completar su estudio estructural. El mapa de anomalías de Bouguer, sin corrección topográfica, fig. 2, muestra muy interesantes posibilidades de interpretación pero creemos necesario concluir la corrección topográfica antes de hacer cualquier hipótesis sobre el mismo.

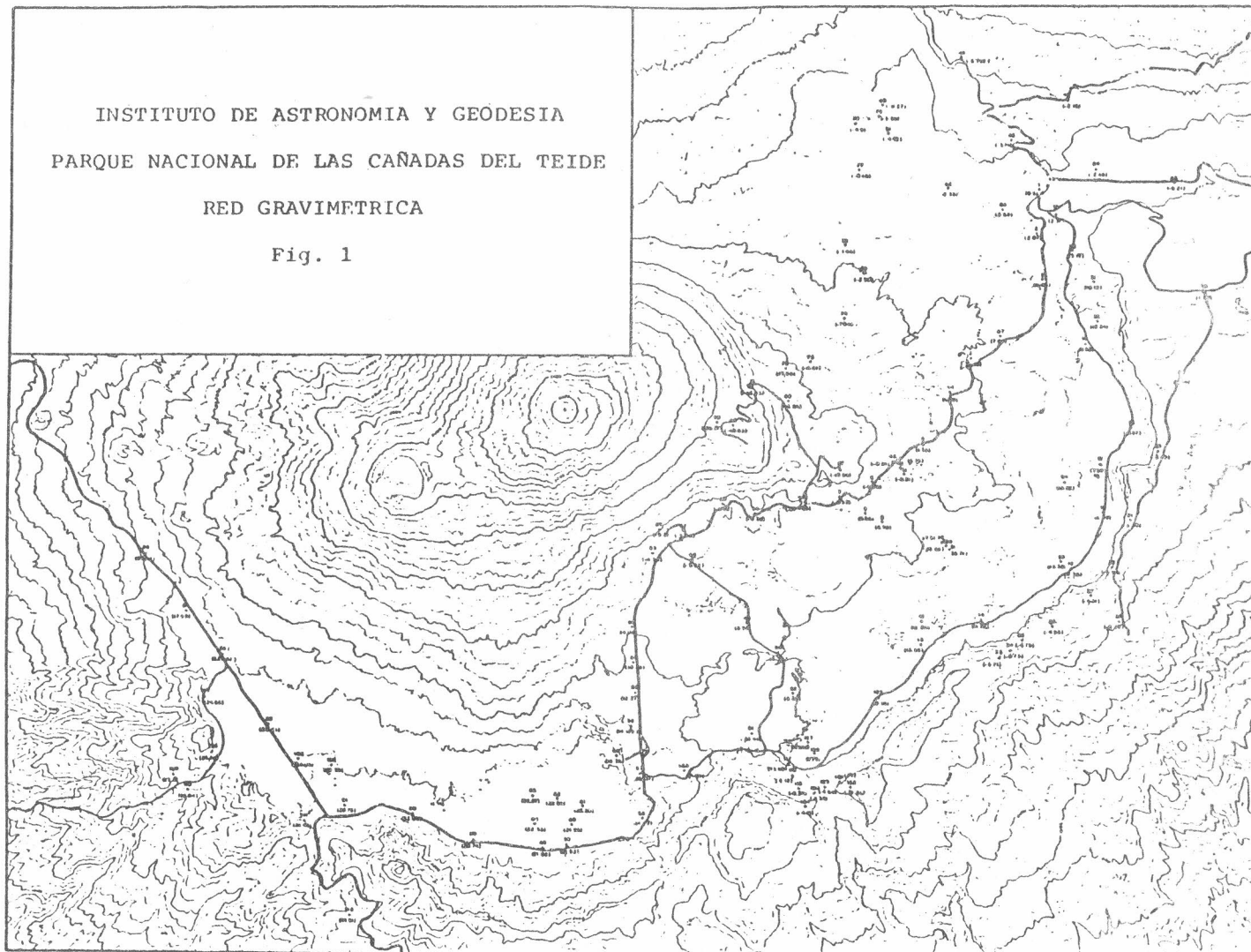
1.- INTRODUCCION

Los levantamientos microgravimétricos realizados en edificios volcánicos, constituyen, hoy en día, una importante fuente de información tanto sobre la génesis como sobre la evolución y estudio del riesgo - eruptivo de los mismos. Las grandes "Calderas" son unos de los accidentes volcánicos de mayor interés, no únicamente desde el punto de vista morfológico sino también porque suelen estar localizados en lugares de una particularmente alta y violenta actividad volcánica. De entre ellas, en aquellas en donde existen manifestaciones superficiales de actividad magmática profunda, tales como fumarolas y anomalías térmicas, etc, es aún más necesario un detallado estudio de sus raíces con el objetivo de poder llegar a la predicción de futuras erupciones y un conocimiento anticipado de sus posibles características. Es sabido que la gravimetría no es más que una de las fuentes de información a tener en cuenta en investigaciones de auscultación de zonas activas o potencialmente activas y que normalmente estos datos hay que estudiarlos en un contexto global (Finn, 1982; Corrado, 1984). No obstante es cada día de mayor interés, y nos atreveríamos a decir que es absolutamente necesario, el tener datos gravimétricos de calidad en todas estas zonas de peligro ya que constituyen uno de los más útiles procedimientos de investigación (Yokoyama, 1974; Bailey, 1976; Sanderson, 1983).

En el caso que nos ocupa, de la Caldera del Teide, la microgravimetría realizada tenía como objetivo principal el contribuir a un mejor conocimiento estructural de la misma con independencia de las campañas sistemáticas de observación que se harán anualmente en la zona que se ha seleccionado para el desarrollo del proyecto de auscultación (Vieira, 1982). Como puede verse en la fig. 1 del circo completo de la Caldera, casi la mitad es prácticamente inaccesible lo que impide establecer una red microgravimétrica uniforme en todo el conjunto. Esto es debido a que dicha zona está ocupada en su totalidad por lavas de las erupciones más recientes del complejo volcánico Teide-Pico Viejo que surgió en el inte-

INSTITUTO DE ASTRONOMIA Y GEODESIA
PARQUE NACIONAL DE LAS CAÑADAS DEL TEIDE
RED GRAVIMETRICA

Fig. 1



rior de la Caldera y que volcó gran parte de su material lávico hacia la vertiente septentrional ocultando en esta zona los límites de la misma. Esta falta de definición de los límites en una amplia zona y en general de la estructura de la Caldera ha sido causa de diversas hipótesis sobre el origen así como de opiniones no homogéneas acerca de los primitivos conductos de emisión y la posible existencia de cámaras magmáticas residuales. Con aplicación de diversas técnicas geofísicas tales como sondeos magnetotélúricos y perfiles sísmicos, no se ha podido llegar a soluciones inequívocas esperándose de la microgravimetría obtener resultados esclarecedores de las diversas hipótesis.

2.- MARCO GEOLOGICO

Como es sabido el Archipiélago de las Islas Canarias constituye en su conjunto una región del máximo interés vulcanológico. En todas las islas predominan los basaltos alcalinos cuyas primeras erupciones subaéreas se datan en el mioceno pero con una actividad que podemos considerar ininterrumpida, con 12 erupciones históricas la última de la cuales tuvo como escenario la Isla de La Palma en 1971.

En las dos islas centrales, Tenerife y Gran Canaria, el vulcanismo se caracteriza por la abundante emisión de productos magmáticos evolucionados de quimismo intermedio (hawaiitas, mugearitas, tefritas) y sálico (traquitas y fonolitas) cuyo aplilamiento formó grandes edificios centrales cupuliformes; en ambas islas estos edificios se han destruido parcialmente y se han formado grandes calderas como son la de Tejeda en Gran Canaria y la del Teide en Tenerife.

La Caldera del Teide es de forma aproximadamente elíptica midiendo sus ejes 12 y 17 km. Toma su nombre del volcán que con posterioridad se formó en la misma y cuya cima tiene 3718 m sobre el nivel del mar, la máxima altitud de España, lo que supone casi mil metros más que la altitud calculada para el edificio previo al hundimiento (Araña, 1971).

Tanto la existencia del gran edificio sálico, pre-caldera, como el del posterior del Teide, también sálico, parecen indicar la existencia de una singular facilidad para el ascenso de magmas profundos y su emplazamiento en cámaras más superficiales, esto se debe a la convergencia bajo la región central de la isla de dos importantes directrices volcano tectónicas (NW-SE y NE-SW) que condicionan el volcanismo en casi todo el archipiélago (Araña, Ortiz, 1984).

El borde meridional de la Caldera está jalonado por un escarpe de gran verticalidad que en algunas zonas llega a alcanzar los 600 m de altura. Como hemos comentado anteriormente el borde septentrional no es visible debido a que coladas más recientes, del complejo volcánico Teide Pico Viejo, se desbordaron por el norte, donde la depresión era menos profunda o la pared más baja.

No se ha podido realizar una datación precisa de la formación de la Caldera, tal vez porque su génesis responda a un proceso complejo dominado por colapsos y explosiones que jalonaron un prolongado y violento proceso eruptivo; en cualquier caso el hundimiento principal puede estimarse que se produjo hace aproximadamente entre 150.000 y 500.000 años (Araña y Barberi, 1985) tras la emisión violenta de productos predominantemente piroclásticos en un volumen que se ha estimado en 9 km^3 (Booth, 1973). Este vaciado, de una cámara magmática bastante somera, propició el colapso del techo configurándose la caldera que previsiblemente se amplió por fenómenos de subsidencia lenta y generalizada, así como por otras explosiones y colapsos y el efecto erosivo natural sobre sus paredes.

El levantamiento del complejo volcánico Teide-Pico Viejo en el interior de la Caldera es evidente que ha modificado su fisonomía y dificultado grandemente su estudio, pero supone un mayor aliciente para la investigación gravimétrica que es uno de los métodos que pueden facilitar una información más objetiva para la reconstrucción de su estructura y de sus raíces.

3.- ESTUDIO MICROGRAVIMETRICO

La microgravimetría realizada, como puede verse en la fig. 3, comprende un total de 130 puntos distribuidos en el interior de la Caldera con apoyos externos a la misma en las proximidades de sus bordes. Dadas las dificultades de acceso a la zona norte, la microgravimetría se ha desarrollado en la región meridional aprovechando caminos y carreteras que la cruzan y con algunos itinerarios realizados a pie a través de terrenos no accesibles a vehículos. También se han hecho observaciones en los últimos 300 m de subida al Teide, a los que se accede por un funicular que parte de la base de la Caldera, en el interior del crater y en el vértice geodésico de primer orden que se encuentra enclavado en el borde del mismo.

El instrumento utilizado ha sido el gravímetro LaCoste Romberg mod. G, nº 665 antes de su transformación en gravímetro de masa estática (Sato y Harrison, 1983; Van Ruymbeke, 1984). La singular calidad de este instrumento se había puesto de manifiesto en las observaciones continuas de variaciones periódicas de la gravedad con él realizadas, así como en la contrastación de las constantes, en la base gravimétrica, efectuada antes y después de la experiencia. Las coordenadas de las estaciones se han obtenido a partir de la cartografía existente y la altitud se ha determinado con un altímetro de precisión; no obstante el error en esta coordenada es del orden de ± 0.50 m lo que representa la más importante fuente de error. Está proyectado realizar durante las próximas campañas, una nivelación de precisión en un área que abarca una gran parte de las observaciones realizadas con lo que esperamos mejorar, aunque solo sea parcialmente, los resultados. No obstante esto afectará en muy poco a los mapas de anomalías, que es lo interesante para esta investigación, planificada con fines de estudio estructural global de la Caldera (Vieira, 1984).

La base fundamental se fijó en el punto de la Red Gravimétrica Nacional situada en la puerta del Cabildo Interinsular de Santa Cruz de

Tenerife. Dicho punto fue trasladado mediante conexiones reiteradas por transporte gravimétrico a los puntos llamados Parador e Icona ambos en la zona de trabajo y en el interior de la Caldera.

El procedimiento de medida fue el de itinerarios cerrados realizándose siempre que fue posible reiteración de las observaciones.

4.- RESULTADOS

En la Tabla 1 se dan los resultados de la campaña, estando las estaciones ordenadas en función de la latitud. El proceso de cálculo seguido puede encontrarse en (Parra y Sevilla, 1975) si bien se han hecho algunas modificaciones con objeto de tener en cuenta las nuevas constantes del sistema de referencia 1980.0 y las peculiaridades de los sensores y de la metodología de toma de datos. En la columna correspondiente a las anomalías de Bouguer no está incluida la corrección topográfica por dos razones; por un lado por la gran lentitud del trabajo de gabinete ya que al no existir banco de datos altimétricos del archipiélago canario todo el proceso de dar altitudes a los correspondientes compartimentos de los ábacos debe ser realizado de forma individual, y yo diría artesanal, a partir de la cartografía, por otro lado se está realizando un concienzudo estudio de la distribución de densidades al existir en la zona fuertes variaciones de las mismas. No obstante el proceso se encuentra casi ultimado y será objeto de una próxima publicación. (Sevilla. 1979).

5.- CONCLUSIONES

En la figura 2 se representa la anomalía residual, definida como la diferencia entre la anomalía Bouguer de cada estación sin corrección topográfica y la media de dicha anomalía para todas las estaciones. Es absolutamente cierto que la inclusión de la corrección topográfica variará sustancialmente los resultados, pero parece posible adelantar a la vista de la distribución de isolíneas y con las precauciones lógicas de una investigación inconclusa, que existen dos zonas dentro de la región

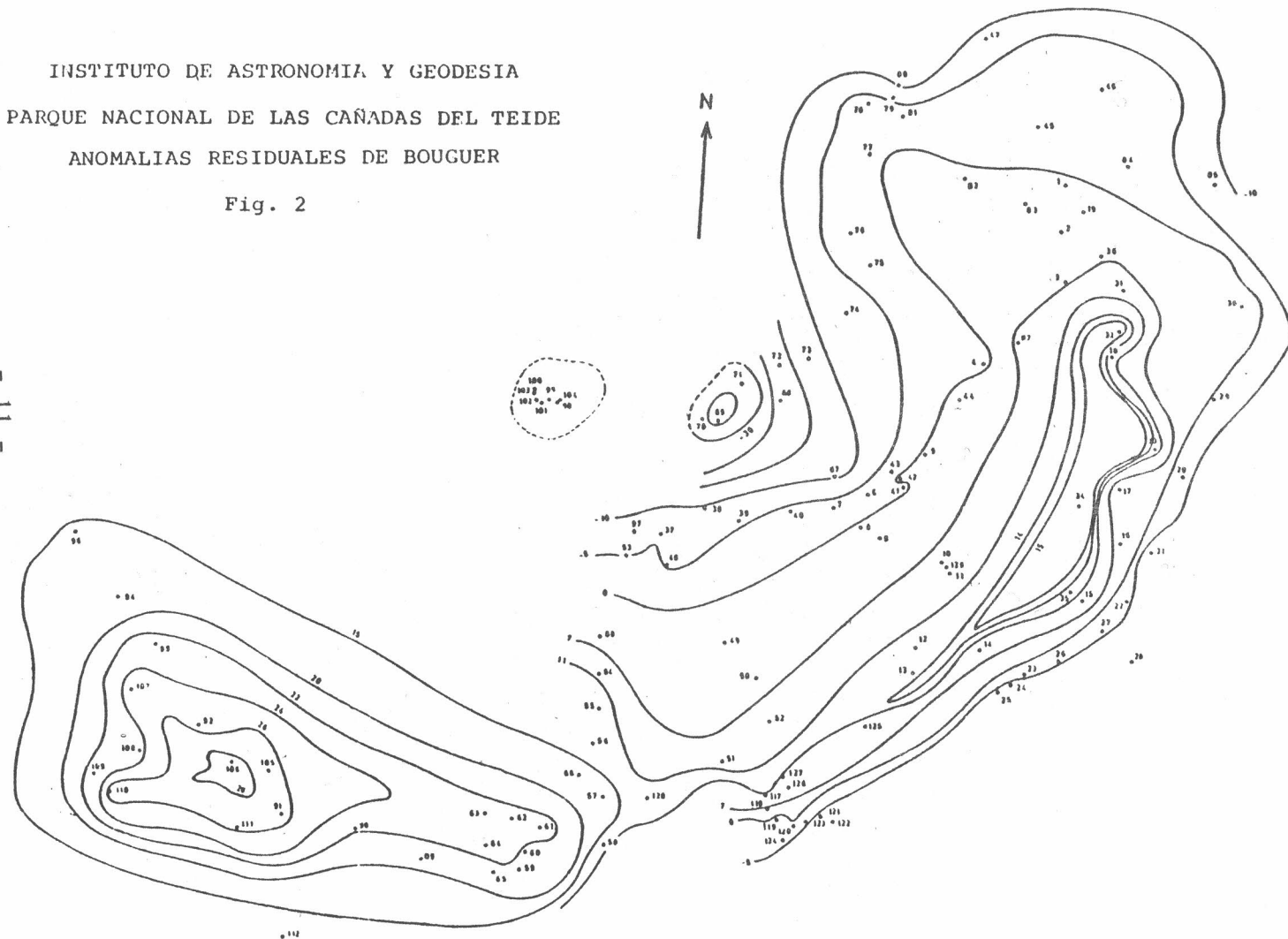
UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID

[illegible]

[illegible]

INSTITUTO DE ASTRONOMIA Y GEODESIA
PARQUE NACIONAL DE LAS CAÑADAS DEL TEIDE
ANOMALIAS RESIDUALES DE BOUGUER

Fig. 2



estudiada que pueden tener un gran interés para obtener conclusiones sobre la estructura interna de la Caldera. Son las denominadas A y B en dicha figura y que representan dos vallores máximos extensos y, en principio, bien diferenciados de dicha anomalía. La confirmación de estos resultados podría contribuir a clasificar la controversia existente sobre la existencia o no en el interior de la caldera de dos accidentes volcánicos. Evidencias superficiales como es la existencia de un dique, muy erosionado, que separa dos mesetas con diferencias de altitudes próximas a los 100 metros y que coincide con el límite entre las isolíneas que configuran las dos anomalías, fueron junto con otras evidencias geológicas la base para la formulación de esta hipótesis. Investigaciones magnetotélúricas y sísmicas efectuadas simultáneamente a los trabajos gravimétricos (Ortiz, et. al, 1984) presentan resultados coincidentes con la microgravimetría de la zona.

Las investigaciones realizadas están incluidas dentro de la planificación del C.S.I.C. y subvencionadas por dicho Organismo dentro del Proyecto 612/317, "Auscultación Geodésica y Gravimétrica de la Caldera del Teide".

BIBLIOGRAFIA

- FINN, C.; WILLIAMS, D.L. (1982). Gravity evidence for a shallow intrusion under Medicine Lake volcano, California. *Geology*. 10 : 503-507.
- CORRADO, G.; LUONGO, G. and TOCO, B. (1984). Gravity and elevations changes at some active volcanic areas of southern Italy. (Reprint).
- YOKOYAMA, I. (1974) Geomagnetic and gravity anomalies in volcanic areas: *Physical Volcanology*. Edit. Elsevier 167-194.

- BAILEY, R.A.; DALRYMPLE, G.B. and LAMPHERE, M.A. (1976). Volcanism, - structure and geochronology of Long Valley Caldera, Mono. Country, California. J.Geophys, Res. 81, 725-743.
- SANDERSON, T.J.O., BERRINO, G.; CORRADO, G. and GRIMALDI, H. (1983) Ground deformation and gravity changes accompanying the march. 1981 eruption of Mount Etna. J. Volcanol. Geotherm. Res. 16, 299-315.
- VIEIRA, R. (1982). Métodos Geodésicos y de clinometría de precisión aplicados a la detección y medida de movimientos de la Litosfera. Aplicación a la Caldera del Teide. Proyecto investigación C.S.I.C. 612/317.
- ARAÑA, V. (1971). Litología y estructura del Edificio Cañadas. Tenerife. Estudios Geol., 27: 95-135.
- ARAÑA, V. y ORTIZ, R. (1984). Volcanología. Edit. C.S.I.C. - Rueda, Madrid, 528 pp.
- BOOTH, B. (1973). The Granadilla pumice deposit of Southern Tenerife, Canary Islands. Proc. Geol. Ass., 84, 353-370.
- ARAÑA, V., BARBERI, F. (1985): Comunicación privada.
- HARRISSON, J.C.; SATO, T. (1983). Implementation of electro-static feedback with a LaCoste-Romberg model C gravitometer. J. Geophys.Res.
- VAN RUYMBEKE, M. (1984). Comunicación privada.
- VIEIRA, R. (1984). Estudio y evaluación de movimientos recientes de la corteza por métodos microgravimétricos y de geodesia de precisión

Aplicación a zonas volcánicas en las Islas Canarias. Proyecto
investigación C.S.I.C. ID-451.

PARRA, R ; SEVILLA, M.J. (1975). Levantamiento gravimétrico de Lanzarote
Rev. Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. Madrid
49; 257-284.

SEVILLA, M.J. (1979). Cálculo automático de anomalías gravimétricas.
III. Asamblea Nacional de Geodesia y Geofísica. Madrid. 95-106

PUBLICACIONES DEL INSTITUTO DE ASTRONOMIA Y GEODESIA
DE LA UNIVERSIDAD COMPLUTENSE — MADRID

(Antes Seminario de Astronomía y Geodesia)

- 1.—Efemérides de 63 Asteroides para la oposición de 1950 (1949).
- 2.—E. PAJARES: Sobre el cálculo gráfico de valores medios (1949).
- 3.—J. PENSADO: Órbita del sistema visual σ^2 U Maj (1950).
- 4.—Efemérides de 79 Asteroides para la oposición de 1951 (1950).
- 5.—J. M. TORROJA: Corrección de la órbita del Asteroide 1395 "Aribeda" (1950).
- 6.—R. CARRASCO y J. M. TORROJA: Rectificación de la órbita del Asteroide 1371 "Resi" (1971).
- 7.—J. M. TORROJA y R. CARRASCO: Rectificación de la órbita del Asteroide 1560 (1942 XB) y efemérides para la oposición de 1951 (1951).
- 8.—M. L. SIEGRIST: Órbita provisional del sistema visual Σ 728-32 Orionis (1951).
- 9.—Efemérides de 79 Asteroides para la oposición de 1952 (1951).
- 10.—J. PENSADO: Órbita provisional de Σ 1883 (1951).
- 11.—M. L. SIEGRIST: Órbita provisional del sistema visual Σ 2052 (1952).
- 12.—Efemérides de 88 Asteroides para la oposición de 1953 (1952).
- 13.—J. PENSADO: Órbita de ADS 9380 = Σ 1879 (1952).
- 14.—F. ALCÁZAR: Aplicaciones del Radar a la Geodesia (1952).
- 15.—J. PENSADO: Órbita de ADS 11897 = Σ 2438 (1952).
- 16.—B. RODRÍGUEZ-SALINAS: Sobre varias formas de proceder en la determinación de períodos de las marcas y predicción de las mismas en un cierto lugar (1952).
- 17.—R. CARRASCO y M. PASCUAL: Rectificación de la órbita del Asteroide 1528 "Conrada" (1953).
- 18.—J. M. GONZÁLEZ-ABOIN: Órbita de ADS 1709 = Σ 228 (1953).
- 19.—J. BALTA: Recientes progresos en Radioastronomía. Radiación solar hiperfrecuente (1953).
- 20.—J. M. TORROJA y A. VÉLEZ: Corrección de la órbita del Asteroide 1452 (1938 DZ₁) (1953).
- 21.—J. M. TORROJA: Cálculo con Cracovianos (1953).
- 22.—S. AREND: Los polinomios ortogonales y su aplicación en la representación matemática de fenómenos experimentales (1953).
- 23.—J. M. TORROJA y V. BONGERA: Determinación de los instantes de los contactos en el eclipse total de Sol de 25 de febrero de 1952 en Cogo (Guinea Española) (1954).
- 24.—J. PENSADO: Órbita de la estrella doble Σ 2 (1954).
- 25.—J. M. TORROJA: Nueva órbita del Asteroide 1420 "Radcliffe" (1954).
- 26.—J. M. TORROJA: Nueva órbita del Asteroide 1557 (1942 AD) (1954).
- 27.—R. CARRASCO y M. L. SIEGRIST: Rectificación de la órbita del Asteroide 1290 "Albertine" (1954).
- 28.—J. PENSADO: Distribución de los períodos y excentricidades y relación período-excentricidad en las binarias visuales (1955).
- 29.—J. M. GONZÁLEZ-ABOIN: Nueva órbita del Asteroide 1372 "Haremari" (1955).
- 30.—M. DE PASCUAL: Rectificación de la órbita del Asteroide 1547 (1929 CZ) (1955).
- 31.—J. M. TORROJA: Órbita del Asteroide 1554 "Yugoslavia" (1955).
- 32.—J. PENSADO: Nueva órbita del Asteroide 1401 "Lavonne" (1956).
- 33.—J. M. TORROJA: Nuevos métodos astronómicos en el estudio de la figura de la Tierra (1956).
- 34.—D. CALVO: Rectificación de la órbita del Asteroide 1466 "Mündleira" (1956).
- 35.—M. L. SIEGRIST: Rectificación de la órbita del Asteroide 1238 "Predappia" (1956).

- 36.—J. PENSADO: Distribución de las inclinaciones y de los polos de las órbitas de las estrellas dobles visuales (1956).
- 37.—J. M. TORROJA y V. BONGERA: Resultados de la observación del eclipse total de Sol de 30 de junio de 1954 en Sydkoster (Suecia) (1957).
- 38.—ST. WIERZBINSKI: Solution des équations normales par l'algorithme des cracoviens (1958).
- 39.—J. M. GONZÁLEZ-ABOIN: Rectificación de la órbita del Asteroide 1192 "Prisma" (1958).
- 40.—M. LÓPEZ ARROYO: Sobre la distribución en longitud heliográfica de las manchas solares (1958).
- 41.—F. MÚGICA: Sobre la ecuación de Laplace (1958).
- 42.—F. MARTÍN ASÍN: Un estudio estadístico sobre las coordenadas de los vértices de la triangulación de primer orden española (1958).
- 43.—ST. WIERZBINSKI: Orbite améliorée de h 4530 = γ Cen = Cpd -48° , 4965 (1958).
- 44.—D. CALVO BARRENA: Rectificación de la órbita del Asteroide 1164 "Kobolda" (1958).
- 45.—M. LÓPEZ ARROYO: El ciclo largo de la actividad solar (1959).
- 46.—F. MÚGICA: Un nuevo método para la determinación de la latitud (1959).
- 47.—J. M. TORROJA: La observación del eclipse de 2 de octubre de 1959 desde El Aaiun (Sahara) (1960).
- 48.—J. M. TORROJA, P. JIMÉNEZ-LANDI y M. SOLÍS: Estudio de la polarización de la luz de la corona solar durante el eclipse total de Sol del día 2 de octubre de 1959 (1960).
- 49.—E. PAJARES: Sobre el mecanismo diferencial de un celóstato (1960).
- 50.—J. M. GONZÁLEZ-ABOIN: Sobre la diferencia entre los radios vectores del elipsoide internacional y el esferoide de nivel (1960).
- 51.—J. M. TORROJA: Resultado de las observaciones del paso de Mercurio por delante del disco solar del 7 de noviembre de 1960 efectuadas en los observatorios españoles (1961).
- 52.—F. MÚGICA: Determinación de la latitud por el método de los verticales simétricos (1961).
- 53.—M. LÓPEZ ARROYO: La evolución del área de las manchas solares (1962).
- 54.—F. MÚGICA: Determinación simultánea e independiente de la latitud y longitud mediante verticales simétricos (1962).
- 55.—P. DíEZ-PICAZO: Elementos de la órbita de la variable eclipsante V 499 Scorpionis (1964).
- 56.—J. M. TORROJA: Los Observatorios Astronómicos en la era espacial (1965).
- 57.—F. MARTÍN ASÍN: Nueva aportación al estudio de la red geodésica de primer orden española y su comparación con la red compensada del sistema europeo (1966).
- 58.—F. SÁNCHEZ MARTÍNEZ: La Luz Zodiacal. Luz del espacio interplanetario (1966).
- 59.—J. M. GONZÁLEZ-ABOIN: Variaciones de las coordenadas geodésicas de los vértices de una red, por cambio de elipsoide de referencia (1966).
- 60.—F. SÁNCHEZ MARTÍNEZ y R. DUMONT: Fotometría absoluta de la raya verde y del continuo atmosférico en el Observatorio Astronómico del Teide (Tenerife), de enero de 1964 a julio de 1965 (1967).
- 61.—M. REGO: Estudio del espectro de la estrella 31 Aql. en la región $\lambda\lambda$ 4000-6600 Å (1969).
- 62.—C. MACHÍN: Mareas terrestres (1969).
- 63.—J. M. TORROJA: La estación para la observación de satélites geodésicos de la Facultad de Ciencias de la Universidad de Madrid (1969).
- 64.—M. J. SEVILLA: Reducción automática de posiciones de estrellas (1970).
- 65.—J. M. TORROJA: Memoria de las actividades del Seminario de Astronomía y Geodesia de la Facultad de Ciencias de la Universidad de Madrid en 1969 (1970).
- 66.—M. J. SEVILLA: Los cálculos de estación en triangulación espacial (1970).
- 67.—MANUEL E. REGO: Determinación de las abundancias de los elementos en la atmósfera de la estrella de alta velocidad 31 Aql. (1970).
- 68.—M. J. FERNÁNDEZ-FIGUEROA: Análisis cualitativo del espectro de la estrella peculiar HD 18474 (1971).
- 69.—J. M. TORROJA: Memoria de las actividades del Seminario de Astronomía y Geodesia de la Universidad Complutense de Madrid en 1970 (1971).

- 70.—R. VIEIRA y R. ORTIZ: Descripción de un aparato para medida de coordenadas (1971).
- 71.—J. M. TORROJA: Memoria de las actividades del Seminario de Astronomía y Geodesia de la Universidad Complutense de Madrid en 1971 (1972).
- 72.—M. J. FERNÁNDEZ-FIGUEROA: Observación y estudio teórico del espectro de la estrella peculiar HD 18474 (1972).
- 73.—M. J. SEVILLA: Cálculo de las constantes de distorsión y parámetros del disco obturador para cámaras balísticas (1973).
- 74.—R. PARRA y M. J. SEVILLA: Cálculo de efemérides y previsiones de pasos de satélites geodésicos (1973).
- 75.—M. REGO y M. J. FERNÁNDEZ-FIGUEROA: Resultado de las observaciones de α Peg efectuadas desde el satélite europeo TDI (1973).
- 76.—E. SIMONNEAU: Problemas en la determinación de abundancias de elementos en las estrellas en condiciones de equilibrio termodinámico local y alejadas del equilibrio termodinámico local (1974).
- 77.—J. ARANDA: Construcción de modelos de estructura interna para estrellas en la secuencia principal inicial (1974).
- 78.—R. ORTIZ, M. J. SEVILLA y R. VIEIRA: Estudio de la calibración, técnica de medida y automatización de datos en un comparador para medidas de placas estelares (1974).
- 79.—M. J. SEVILLA: Método autocorrector para el cálculo de direcciones de satélites geodésicos y análisis de los errores en la restitución de un arco de órbita (1974).
- 80.—M. A. ACOSTA, R. ORTIZ y R. VIEIRA: Diseño y construcción de un fotómetro fotoeléctrico para la observación de ocultaciones de estrellas por la Luna (1974).
- 81.—T. J. VIVES, C. MORALES, J. GARCÍA-PELAYO y J. BARBERO: Fotometría fotográfica UBV del cúmulo galáctico King 19 (1974).
- 82.—R. ORTIZ y R. VIEIRA: Control automático en posición y tiempo de los sistemas de obturación de las cámaras de observación de satélites geodésicos (1974).
- 83.—J. M. TORROJA: Memoria de las actividades del Seminario de Astronomía y Geodesia de la Universidad Complutense de Madrid en 1972 y 1973 (1974).
- 84.—M. J. FERNÁNDEZ-FIGUEROA y M. REGO: α CrB en el ultravioleta lejano (1975).
- 85.—J. M. TORROJA, R. VIEIRA, R. ORTIZ y M. J. SEVILLA: Estudio de mareas terrestres en España (1975).
- 86.—M. J. SEVILLA y R. PARRA: Levantamiento gravimétrico de Lanzarote (1975).
- 87.—P. KUNDANMAL SUKHWANI: Modelos teóricos de curvas de luz. Su aplicación al sistema β Lyrae (1975).
- 88.—M. J. SEVILLA: Coordenadas astronómicas y geodésicas. Desviación relativa de la vertical (1975).
- 89.—C. TEJEDOR: Fotometría fotoeléctrica R. G. U. del cúmulo galáctico IC 2581 (1976).
- 90.—M. J. SEVILLA: Nuevos coeficientes para la reducción automática de posiciones de estrellas (1976).
- 91.—M. REGO: Técnicas observacionales en espectroscopía astrofísica (1976).
- 92.—M. J. SEVILLA: Determinación de la latitud por distancias cenitales de la polar, método de Littrow (1976).
- 93.—T. J. VIVES: Determinación fotométrica del tipo espectral de la componente desconocida de una estrella binaria eclipsante (1976).
- 94.—M. REGO y M. J. FERNÁNDEZ-FIGUEROA: Contraste y determinación por métodos astrofísicos de fuerzas de oscilador (1977).
- 95.—M. J. SEVILLA y R. CHUECA: Determinación de acimutes por observación de la Polar. Método micrométrico (1977).
- 96.—JOSÉ M. GARCÍA-PELAYO: Fotometría R G U en un campo del anticentro galáctico, cerca del NGC 581 (1977).
- 97.—JOSÉ M. GARCÍA-PELAYO: Datos fotométricos de 2.445 estrellas estudiadas en la región de Casiopea, entre los cúmulos abiertos Trumpler 1 y NGC 581 (1977).
- 98.—PREM K. SUKHWANI y RICARDO VIEIRA: Spectral Analysis of Earth Tides (1977).
- 99.—JOSÉ M. TORROJA y RICARDO VIEIRA: Earth Tides in Spain. Preliminary results (1977).

(Continúa en la cuarta de cubierta)

- 100.—PREM K. SUKHWANI y RICARDO VIEIRA: Three different methods for taking in account the gaps in spectral analysis of Earth Tides records (1978).
- 101.—R. VIEIRA: Mareas terrestres (1978).
- 102.—M. J. SEVILLA y A. NÚÑEZ: Determinación de la longitud por el método de Mayer. Programas de cálculo automático (1979).
- 103.—M. J. SEVILLA y A. NÚÑEZ: Determinación de la latitud por el método de Sterneck. Programas de cálculo automático (1979).
- 104.—M. J. SEVILLA: Determinación de la latitud y la longitud por el método de alturas iguales. Programas de cálculo automático (1979).
- 105.—P. K. SUKHWANI y A. GIMÉNEZ: Corrección de efectos atmosféricos para imágenes tomadas desde satélites Landsat (1979).
- 106.—M. J. SEVILLA: Inversión de matrices simétricas en el método de mínimos cuadrados (1979).
- 107.—A. GIMÉNEZ: Análisis de la curva de luz del sistema binario eclipsante S Velorum (1979).
- 108.—M. J. SEVILLA: Determinación del acimut de una referencia por observación de la estrella polar. Programa de cálculo automático (1979).
- 109.—M. J. SEVILLA: El sistema IAU (1976) de constantes astronómicas y su repercusión en la reducción de posiciones de estrellas (Primera parte) (1980).
- 110.—M. J. SEVILLA y R. PARRA: Determinación de la latitud por el método de Horrebow-Talcott. Programas de Cálculo Automático (1980).
- 111.—M. J. SEVILLA: Determinación de la latitud y la longitud por fotografías cenitales de estrellas (1980).
- 112.—R. VIEIRA y M. OREJANA: Comunicaciones presentadas en las XLI y XLII Jornadas del Grupo de Trabajo de Geodinámica del Consejo de Europa. Luxemburgo (1979-80).
- 113.—M. J. SEVILLA: Sobre un método de cálculo para la resolución de los problemas geodésicos directo e inverso (1981).
- 114.—R. VIEIRA, J. M. TORROJA, C. TORO, F. LAMBAS, M. OREJANA y P. K. SUKHWANI: Comunicaciones presentadas en el IX Symposium Internacional de Mareas Terrestres. Nueva York (1981).
- 115.—M. A. MONTULL, M. J. SEVILLA y A. GONZÁLEZ-CAMACHO: Aplicación de la V. L. B. I. al estudio del movimiento del Polo (1981).
- 116.—A. GONZÁLEZ-CAMACHO y M. J. SEVILLA: Algunas relaciones entre diferentes ejes que se consideran en la rotación de la Tierra (1981).
- 117.—R. VIEIRA, F. LAMBAS y E. GIMÉNEZ: Modificaciones realizadas en un gravímetro LaCoste Romberg mod. G para su utilización en registro continuo de la gravedad (1981).
- 118.—R. VIEIRA: La microtred de mareas gravimétricas del Sistema Central (1981).
- 119.—J. M. TORROJA y R. VIEIRA: Informe sobre el desarrollo del programa de investigación sobre mareas terrestres en el último bienio (1981).
- 120.—F. LAMBAS y R. VIEIRA: Descripción, estudio de la precisión y aplicaciones geodésicas y geofísicas de los nuevos niveles de lectura electrónica (1981).
- 121.—M. J. SEVILLA: Programación del método de la cuerda (1981).
- 122.—J. M. TORROJA: Historia de la Ciencia Árabe. Los Sistemas Astronómicos (1981).
- 123.—M. J. SEVILLA y R. VIEIRA: Comunicaciones presentadas en la Sesión Científica de la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, celebrada el día 13 de enero de 1982 (1982).
- 124.—M. J. SEVILLA y P. ROMERO: Aplicación del método de colocación a la reducción de placas fotográficas de estrellas (1982).
- 125.—M. J. SEVILLA y A. G. CAMACHO: Deformación rotacional de una tierra elástica (1982).
- 126.—M. J. SEVILLA y P. ROMERO: Obtención de las medidas de la precisión en la determinación de la latitud y la longitud por fotografías cenitales de estrellas (1982).
- 127.—M. J. SEVILLA, A. G. CAMACHO y P. ROMERO: Comunicaciones presentadas en la IV Asamblea Nacional de Astronomía y Astrofísica. Santiago de Compostela (1983).
- 128.—M. J. SEVILLA: El sistema IAU (1976) de constantes astronómicas y su repercusión en la reducción de posiciones de estrellas (Segunda parte) (1983).

(Continúa en la segunda de cubierta)

- 129.—M. J. SEVILLA: Geodesia por satélites y navegación (1983).
- 130.—L. GARCÍA ASENSIO, A. G. CAMACHO, P. ROMERO y M. J. SEVILLA: Comunicaciones presentadas en la V Asamblea Nacional de Geodesia y Geofísica (1983).
- 131.—M. J. SEVILLA: Anomalías de la gravedad basadas en el sistema geodésico de referencia 1980 (1983).
- 132.—J. M. TORROJA: Historia de la Física hasta el siglo XIX. La Mecánica Celeste (1983).
- 133.—A. G. CAMACHO y M. J. SEVILLA: The Molodensky Problem for an homogeneous liquid core (1984).
- 134.—J. M. TORROJA: La obra astronómica de Alfonso X El Sabio (1984).
- 135.—H. MORITZ: Sistemas de referencia en Geodesia (1984).
- 136.—H. MORITZ: Rotación de la Tierra (1984).
- 137.—A. G. CAMACHO y M. J. SEVILLA: Autofrecuencias del movimiento del Polo para un modelo de Tierra de tipo Jeffreys Molodensky (1984).
- 138.—J. M. TORROJA: Nuevas definiciones en el problema de la medida del tiempo (1984).
- 139.—M. J. SEVILLA: Astronomía Geodésica (1984).
- 140.—M. J. SEVILLA y M. D. MARTÍN: Diseño de una Microrred en la Caldera del Teide para el estudio de deformaciones de la corteza en la zona (1986).